



COMPORTAMIENTO MORFODINÁMICO DE LAS PLAYAS DEL ESTE DURANTE EL HURACÁN IRMA

MORPHODYNAMIC BEHAVIOR OF THE EASTERN BEACHES, DURING HURRICANE IRMA

 LOURDES RIVAS RODRÍGUEZ¹,  YISSET CARIDAD RABEIRO RODRÍGUEZ²,  ADRIÁN NIÉVARES PÉREZ¹,
 SOLVIEG RODRÍGUEZ TROCHE³,  TERESITA MAY-LI GARCÍA SÁNCHEZ⁴,  YESENIA IBÁÑEZ CARBONELL³

¹Inversiones GAMMA S.A, La Habana, Cuba. E-mail: lourdesrivas1967@gmail.com

²Dinámica Costera EIRL. Valparaíso, Chile.

³Delegación Territorial del CITMA de La Habana, Cuba

⁴Instituto de Ciencias del Mar. La Habana, Cuba.

Palabras clave: Resumen

Huracán Irma Las Playas del Este de La Habana se encuentran ubicadas en la Ensenada de Sibarimar, al este de la capital cubana. Las Playas del Este mismas han estado afectadas durante décadas por el fenómeno de la erosión. Por tal motivo durante los años 2013 y áreas rehabilitadas 2015 se llevó a cabo la rehabilitación de dunas en dos tramos de dicho litoral: en playa Boca Ciega y en el frente costero duna del hotel Marazul, ubicado en la playa Santa María del Mar. El objetivo del presente trabajo es mostrar el erosión comportamiento de ambos sectores durante el paso del huracán Irma, ocurrido en septiembre de 2017. Los resultados obtenidos permitieron comprobar que el oleaje extremo asociado a dicho evento alcanzó las dunas rehabilitadas, provocando transformaciones del perfil de playa en ambos sectores, observándose las afectaciones más significativas en playa Boca Ciega. En este tramo el volumen de arena perdido en las dunas fue de 7035 m³ de arena, mientras que en Marazul fue de 338 m³. En el primer sector los escarpes de erosión alcanzaron entre 2,5 y 5 m de altura y el retroceso del pie de la duna al mar fue superior a los 10 m. En Marazul dichos indicadores tomaron valores de 1 y 1,5 m y entre de 3 y 5 m, respectivamente. Se pudo concluir que en ambos sectores las dunas rehabilitadas cumplieron con su función de protección costera, impidiendo las inundaciones costeras y logrando la protección de las construcciones ubicadas por detrás de la duna.

Keywords: Abstract


Hurricane Irma Havana's Eastern Beaches are located in Sibarimar Cove, to the east of the Cuban capital. For decades, these beaches Eastern Beaches have been affected by the phenomenon of erosion. Therefore, during the years 2013 and 2015, dune rehabilitation was rehabilitated areas carried out in two sections of this coast: in Boca Ciega Beach and in the coastal front of Marazul Hotel, located on the dune Santa Maria de Mar Beach. The objective of the present paper is to show the behavior of both tracts during the passage of erosion Hurricane Irma, that occurred in September 2017. The obtained results allowed to corroborate that the extreme wave associated to this event reached the rehabilitated dunes, causing transformations of the beach profile in both tracts, perceiving the most significant impacts in Boca Ciega Beach. In this tract, the volume of sand loss from the dunes reached 7035 m³, while in Marazul it was of 338 m³. In the first sector, erosion escarpes were between 2.5 and 5 m high and the retreat of the foot of the dune to the sea was over 10 m. In Marazul, these indicators showed values of 1 and 1.5 m, and between 3 and 5 m, respectively. It was determined that, in both sectors, the rehabilitated dunes fulfilled their function of coastal protection, thus avoiding coastal floods and achieving the protection of buildings located behind the dunes.

Recibido: 10 de junio de 2024

Aceptado: 20 de junio de 2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de autores: Conceptualización y análisis formal: Lourdes Rivas, Yisset Caridad Rabeiro, Adrián Niévares, Solvig Rodríguez, Teresita May-Li García Sánchez, Yesenia Ibáñez Carbonell. **Adquisición, análisis e interpretación de datos:** Lourdes Rivas, Yisset Caridad Rabeiro, Adrián Niévares. En los trabajos de campo durante los cuales se adquirieron los datos que sirvieron de base para la elaboración del artículo también estuvo presente Solvig Rodríguez. **Primera redacción y edición:** Lourdes Rivas. **Redacción final y la revisión:** Yisset Caridad Rabeiro, Adrián Niévares, Solvig Rodríguez, Teresita May-Li García Sánchez, Yesenia Ibáñez. **Financiación:** Solvig Rodríguez y Yesenia Ibáñez.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). 
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Introducción

Las Playas del Este han estado afectadas, durante décadas, por el fenómeno de la erosión, originada tanto por causas naturales, como antrópicas (Sosa et al., 2005, 2007, 2008).

El frente costero del hotel Marazul, antiguo Tropicoco, situado en la playa de Santa María del Mar, mostraba un área de dunas muy degradada, con la presencia de una llanura de deflación, originada por la interrupción del cordón dunar. Sin embargo, hacia el tramo oriental la duna había logrado establecerse, aunque presentaban aberturas y brechas que atentaban contra su estabilidad.

Teniendo en cuenta la situación existente en este tramo costero, entre los meses de junio y agosto del 2013, se lleva a cabo la ejecución del proyecto: “Rehabilitación funcional de las dunas en un sector de la playa de Santa María del Mar, al este de La Habana” (Sosa et al., 2011), durante el cual se reacomodan un total de 8 846,5 m³ de arena, con los cuales se creó un cordón dunar continuo de aproximadamente 280 m de longitud. Se fortaleció además la cara frontal de la duna en el extremo oriental este sector, mediante el cierre de las aberturas y brechas existentes en ella.

En la playa de Boca Ciega la situación no era más favorable. En este tramo costero se observaban evidentes indicios de erosión, los cuales eran originados tanto por la acción del oleaje como por el viento. Este último provocaba que la arena se trasladara hacia la parte trasera de la duna, invadiendo el vial ubicado al sur de la misma, lo que exigía un reacomodo artificial del sedimento hacia el área de dunas.

Parte de esa arena transportada por acción eólica, había sobrepasado el vial, originando dunas secundarias al sur del mismo. Todo lo anterior provocaba que el volumen de arena retenido en las dunas primarias resultara muy reducido.

Ante tal situación, se destinó un financiamiento para la ejecución del proyecto: “Rehabilitación funcional de las dunas en el sector de la playa que se extiende a ambos lados de la desembocadura del río Itabo, al este de la Habana”, el cual se lleva a cabo en dos campañas. La primera de ellas se inició en septiembre del 2014 (Sosa et al., 2015a) y la segunda, un año después, en septiembre del 2015 (Sosa et al., 2016).

Durante la ejecución del proyecto se reacomodó un total aproximado de 12 905 m³ de arena, con los cuales se logró la reconstrucción total de la duna a lo largo de 780 m de litoral. Las principales acciones que se llevaron a cabo fueron: la creación de duna en los tramos donde esta no existía, el cierre de aberturas y el fortalecimiento de la cara frontal de la misma.

Teniendo en cuenta que para lograr la conservación y el manejo de ambos sectores, resulta de vital importancia

evaluar la evolución en el tiempo de la duna regenerada, la Delegación Provincial del CITMA de La Habana, destina fondos para realizar monitoreos en dichos tramos costeros. En ellos se incluye valorar las afectaciones provocadas por eventos meteorológicos extremos que afectan los sectores rehabilitados.

El huracán Irma afectó a Cuba en septiembre de 2017 provocando apreciables transformaciones en el perfil de playa en los sectores costeros objetos de estudio. El objetivo de este trabajo es mostrar dichas afectaciones, las cuales se obtienen como resultado de las mediciones topográficas realizadas tras el paso de dicho evento meteorológico en ambos tramos del litoral de las Playas del Este de La Habana y la comparación de estos resultados con los obtenidos en el último monitoreo realizado en cada una de las zonas.

Materiales y métodos

Ambos sectores costeros, pertenecientes al polo turístico de las Playas del Este de La Habana, se encuentran ubicados en la ensenada de Sibarimar (Figura 1).

El tramo situado en el frente costero del hotel Marazul, en la playa de Santa María del Mar, tiene una extensión aproximada de 280 m y se encuentra delimitado por las coordenadas 23° 10' 36.7" N y 82° 11' 23.2" W, al oeste y 23° 10' 34.7" N y 82° 11' 11.6" W, al este.

En la playa de Boca Ciega, el tramo rehabilitado tiene una longitud de 780 m y se extiende desde la margen este de la desembocadura del río Itabo hasta la calle 442 en el poblado del mismo nombre. Dicho sector está delimitado por las coordenadas X: 380 938.25 y Y: 371 792.14 al oeste y X: 281 666.81 y Y: 371 696.59 al este.

Con el interés de valorar las afectaciones que ocasionó el huracán Irma en los sectores costeros rehabilitados, a inicios del mes de octubre de 2017, se volvieron a medir los perfiles topográficos ubicados en cada uno de ellos. El financiamiento destinado para llevar a cabo está investigación permitió realizar además el levantamiento de toda la cara frontal de la duna en el tramo del litoral frente al hotel Marazul, por ser donde se apreciaban las transformaciones ocurridas en ese tramo costero, pero no hubo disponibilidad para llevarlo a cabo en el sector de Boca Ciega.

No obstante, teniendo en cuenta que los perfiles topográficos son representativos para las áreas aledañas en las cuales se ubican y que estos se encuentran distribuidos equitativamente a lo largo de toda el área de estudio, los resultados obtenidos en la medición de los mismos, permitieron valorar acertadamente el comportamiento de los volúmenes en todo el sector regenerado de Boca Ciega, tras el paso del huracán Irma.

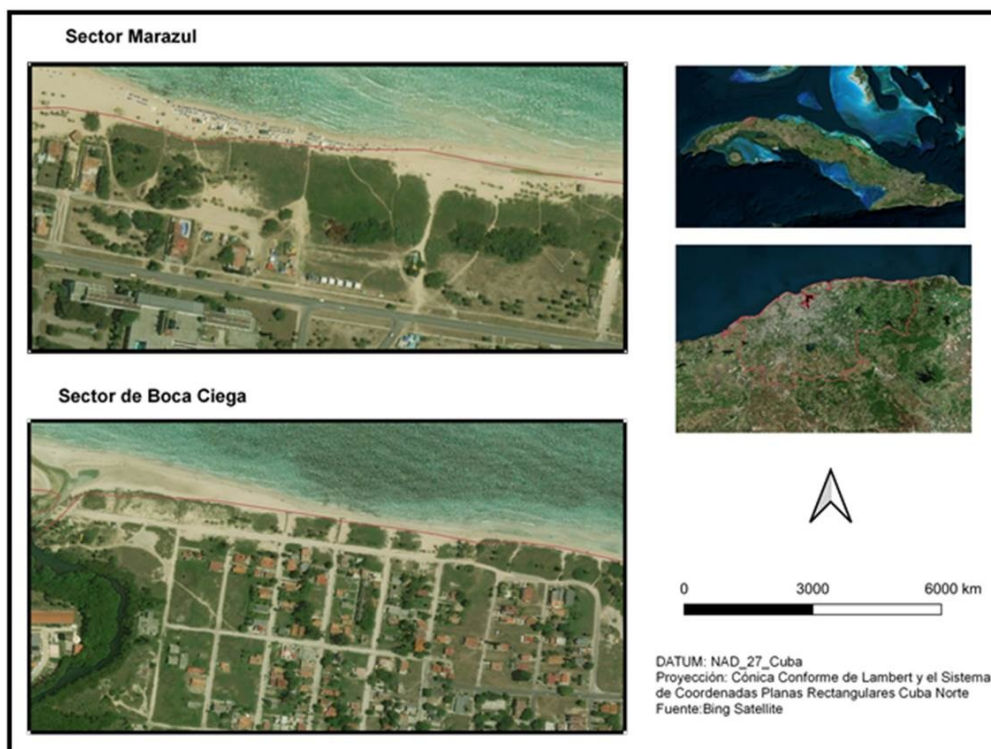


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de estudio

Figure 1. Geographical location of study areas

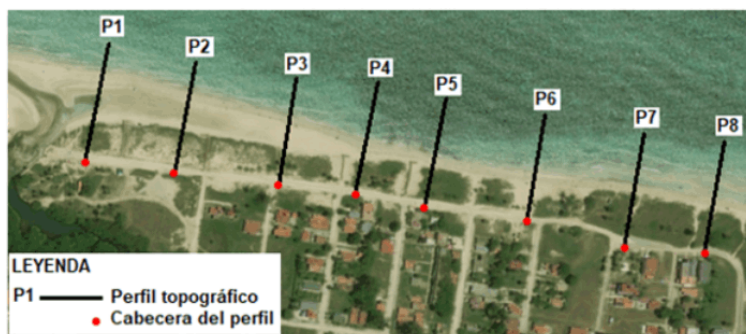
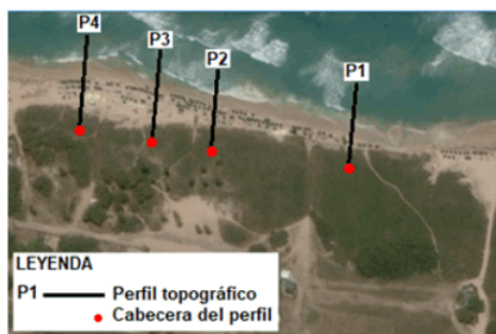
En el frente costero del hotel Marazul se midieron 3 de los 4 perfiles de playa establecidos en ese tramo (Figura 2). Fue imposible realizar la medición del cuarto perfil, con posterioridad al huracán Irma, dada la presencia de una gran cantidad de mobiliario de playa, ubicado a lo largo del transepto del mismo. Esto impidió la comparación antes y después del evento.

Observaciones in situ, fotografías tomadas y otras mediciones realizadas permitieron describir el comportamiento del extremo más occidental del frente costero del hotel Marazul, en el cual se ubica el perfil 4. La amplitud del ancho de playa emergida, correspondiente al mismo, se obtuvo mediante el empleo de una cinta métrica.

En el caso de Boca Ciega, dada su mayor extensión, el total de perfiles medidos es de 8 (Figura 3). Las cabeceras de los 12 perfiles se encuentran amarrados a la Red Geodésica Nacional y están ubicados perpendicular a la línea de costa.

Las mediciones se realizaron con una Estación Total modelo TC 805 (Precisión 5", alcance horizontal 2 Km), siendo empleado el software Leica Geo Office para el procesamiento primario de esta información.

La amplitud del área de sol o ancho de playa emergida, se calculó desde el pie al mar de la duna, hasta la línea de costa, tomando como indicador para la medición de esta última, el punto de inflexión en el perfil de playa.



Figuras 2 y 3. Ubicación de los perfiles topográficos medidos en Marazul y Boca Ciega, respectivamente

Figures 2 and 3. Location of the topographic profiles measured in Marazul and Boca Ciega, respectively

Para el procesamiento de los datos del levantamiento topográfico y su representación cartográfica se hizo uso de Mapinfo 12.0. Se adoptó la proyección Cónica Conforme de Lambert y el Sistema de Coordenadas Planas Rectangulares Cuba Norte, Datum NAD 27 Cuba. La salida final de los planos se realizó en Surfer 13. Mientras que para el procesamiento de los perfiles se empleó el software Cedas.

Como documentación de apoyo para la labor cartográfica se utilizaron imágenes de satélite, tomadas del software libre, SASPlanet. Además, se realizaron fotos para poder mostrar el comportamiento y estado de los sectores rehabilitados.

Resultados y discusión

El huracán Irma se generó a partir de una onda tropical cerca de las Islas de Cabo Verde, el 30 de agosto del 2017, convirtiéndose en una depresión tropical, a unas 120 millas al oeste - suroeste de San Vicente, y 6 horas después alcanzó la categoría de tormenta tropical. Pasó a ser huracán el día 31 de agosto, cuando se encontraba a unas 400 millas al oeste de las islas de Cabo Verde. Continuó fortaleciéndose rápidamente y alcanzó el estado de huracán de gran intensidad en la escala Saffir-Simpson (velocidad del viento mayor o igual a 100 nudos [185 Km/h]) a las 0000 UTC del 1 de septiembre.

Entre el 2 y el 4 de septiembre su intensidad había fluctuado entre las categorías 2 y 3 de la escala SS y un giro hacia el suroeste, sobre aguas más cálidas, hizo que el 5 de septiembre, alcanzara su máxima intensidad (155 nudos [287 Km/h]), cerca de las 1800 UTC, a unas 70 millas al este-sureste de Barbuda (Cangialosi et al., 2018).

Irma transitó por los mares, al norte de la región oriental de Cuba y tocó tierra en Cayo Romano, en la provincia de Camagüey, el 9 de septiembre (Figura 4), con vientos máximos de 145 nudos (268 Km/h), siendo el primer huracán Categoría 5 en Cuba desde 1924. Luego continuó con un movimiento entre el oeste y oeste-noroeste transitando por toda la cayería de la región central de Cuba y con posterioridad comenzó a moverse lentamente al noroeste y al norte alejándose de Cuba.

La configuración geográfica del territorio nacional, la trayectoria descrita por Irma y la amplia circulación de este sistema favorecieron que prácticamente todo el país fuera afectado por este meteoro (González et al., 2017).

La capital cubana fue alcanzada por la periferia de dicho evento meteorológico entre los días 9 y 10 de septiembre de 2017, con categoría 4 según la escala Saffir - Simpson y vientos máximos sostenidos de 210-250 Km/h. Los mayores daños materiales provocados en La Habana, se debieron al efecto del viento y a la marejada que anegaron la franja

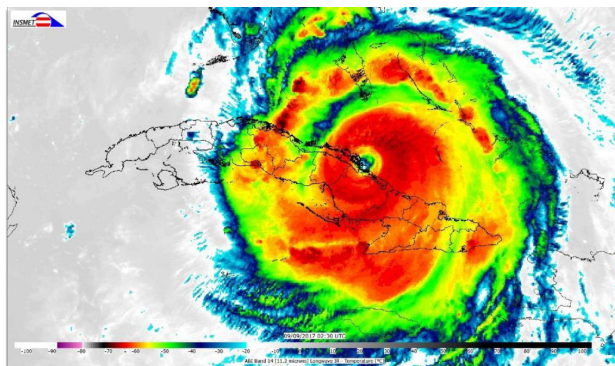


Figura 4. Imagen infrarroja del huracán Irma, sobre cayo Romano, 9 de septiembre 2017, a las 00:30 UTC (Tomado de: González et al., 2017)

Figure 4. Infrared image of Hurrucane Irma, over Romano Key, September 9, 2017, at 00:30 UTC (Taken from: González et al., 2017)

litoral de los municipios costeros (González & Ramos, 2019).

Específicamente en las áreas donde se llevó a cabo la rehabilitación funcional de dunas en las Playas del Este dicho evento meteorológico provocó las transformaciones que se exponen a continuación.

Cambios ocurridos en el perfil de playa

Sector costero Marazul

La superposición de los perfiles topográficos, medidos en el mes de marzo de 2017, última fecha en que estos habían sido monitoreados antes del evento y en octubre de 2017, posterior al paso del huracán Irma, permitió apreciar cambios morfológicos en los mismos, los cuales eran mucho más evidentes en la cara frontal de la duna y el área de sol (Figuras 5, 6 y 7).

El análisis de dichas figuras permitió precisar que el retroceso del pie al mar de la duna en este frente costero osciló entre 3 y 5 m, mientras que la altura de los escarpes oscilaba entre 1 y 1.5 m.

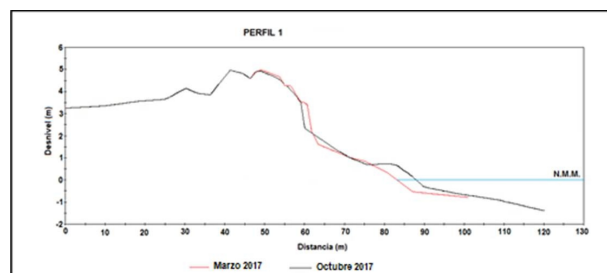


Figura 5. Morfología del perfil 1, antes y después del huracán Irma

Figure 5. Morphology of profile 1, before and after Hurrucane Irma

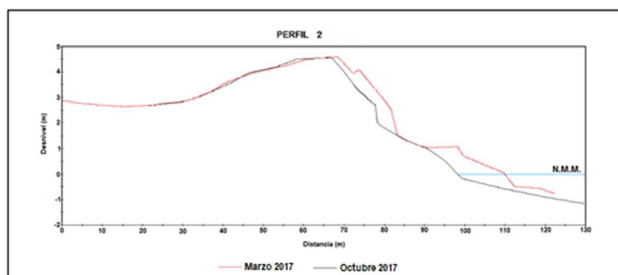


Figura 6. Comportamiento del perfil 2, antes del huracán Irma y con posterioridad al mismo

Figure 6. Behavior of profile 2, before and after Hurricane Irma

Las figuras 8 y 9 tomadas en los meses de marzo y octubre de 2017, muestran claramente la magnitud del retroceso del pie al mar de la duna en el frente costero del hotel Marazul.

Sector costero Boca Ciega

Al igual que sucedió en Marazul, en la playa Boca Ciega el oleaje extremo, asociado al huracán Irma alcanzó las dunas. En este tramo del litoral, las mismas tienen una altura variable, con una cota promedio superior a los 3 m sobre el nivel del mar. Dicho fenómeno meteorológico originó fuertes escarpes de erosión en la parte frontal de la duna, que fluctuaba entre 2,5 y 5 m de altura (Figura 10) y un retroceso de su pie al mar superior a los 10 m. Sin embargo, en la mayor parte del área rehabilitada de este sector costero las dunas no fueron rebasadas por el oleaje de tormenta.

En el caso concreto del sector costero de Boca Ciega se observó de manera puntual otros dos comportamientos:

1. En el extremo más occidental del área rehabilitada, próximo a la margen este de la desembocadura del río Itabo, donde la duna tenía menor altura y existían senderos originados por el paso de los bañistas (Figura 11), la duna fue arrasada. Este suceso ocurrió en un pequeño sector y fue originado por la combinación entre el oleaje extremo y el desbordamiento de las aguas



Figuras 8 y 9. Ubicación del pie al mar de la duna respecto al poste eléctrico. Las flechas señalan la distancia existente entre ambos

Figures 8 and 9. Location of the foot to the sea of the dune respect to the electric pole. The arrows indicate the distance between both

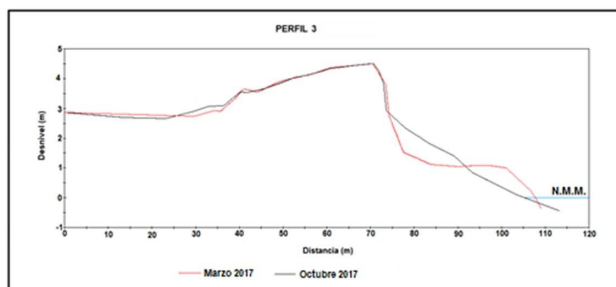


Figura 7. Cambios morfológicos del perfil 3, antes y después del huracán Irma

Figure 7. Morphological changes of profile 3, before and after Hurricane Irma

del río Itabo. Parte de la arena existente en este tramo de duna, fue trasladada hacia el vial adyacente a ella, invadiendo el extremo oeste del mismo.

2. Durante la elaboración del proyecto de rehabilitación de dunas en este sector costero se concibió la creación de 10 pasarelas. Sin embargo, durante la ejecución del mismo solo se construyeron 5 de estos accesos, quedando las aberturas para los 5 restantes, las cuales no han sido construidas hasta la actualidad. Específicamente la abertura que correspondería a la sexta pasarela (Figura 11) tenía una cota más baja que el resto de ellas. Esto provocó que el mar penetrara a través de la misma tierra adentro, llevando consigo parte de la arena.

Posterior al evento meteorológico, se realizó la retirada de la arena que se encontraba invadiendo la calle en ambos lugares y se reacomodó en la posición de la duna, donde antes se encontraba. De esta forma se logró recuperar al menos parte del sedimento que había salido fuera del sistema costero y dejar el vial libre de sedimento.

En este sector costero de la playa Boca Ciega, el huracán también provocó otras afectaciones como: la exposición de superficies rocosas, tocones de mangles y estructuras de hormigón que con anteriormente se encontraban parcial o totalmente enterradas bajo la arena. Esta situación no fue observada en el frente costero del hotel Marazul.

A modo de ejemplo se muestra la superposición de los perfiles topográficos 1, 4, 6 y 8 (Figuras 12, 13, 14 y 15, respectivamente), medidos antes (abril) y después de huracán Irma (octubre).

La superposición de los perfiles medidos, en ambos sectores, en los últimos monitoreos realizados en cada sector y después del paso del huracán Irma, permitió comprobar que, aunque el oleaje extremo asociado a dicho evento provocó escarpes en la pendiente al mar de las dunas estas no fueron rebasadas por las olas de tormenta, permaneciendo invariable la zona alta y la pendiente trasera de las mismas. Estas partes de la duna se encuentran estabilizadas por la presencia de una densa cobertura vegetal que contribuye a fijar el sedimento.

Según muestran los resultados obtenidos, la altura de los escarpes en la duna y el retroceso de su pie al mar, alcanzan cifras mucho mayores en el sector de Boca Ciega que en el

tramo costero ubicado frente al hotel Marazul, lo que está en correspondencia con la pérdida de arena y de área en ese elemento del perfil de playa.

Comportamiento de los volúmenes de arena

Al comparar las mallas topográficas del levantamiento realizado en los meses de mayo y octubre de 2017 en el frente de duna del hotel Marazul, se determinó una pérdida aproximadamente 338 m³ de arena en la misma, teniendo como principal causa la ocurrencia del huracán Irma.

Sobre la base de la información obtenida en los perfiles, se determinó que el volumen de sedimento perdido en las dunas en todo el sector rehabilitado de Boca Ciega, entre abril y octubre de 2017 fue de aproximadamente 7 035 m³ de arena, comportamiento que también estuvo estrechamente relacionado con el paso del huracán Irma.



Figura 10. Escarpes en las dunas originados por el intenso oleaje del huracán Irma

Figure 10. Escarpments in the dune caused by the intense waves of Hurricane Irma



Figura 11. Ubicación de las zonas puntuales en la playa Boca Ciega donde se produjo la invasión de arena hacia tierra durante el paso del huracán Irma

Figure 11. Location of the specific areas on Boca Ciega Beach where the invasion of the sand landward occurred during Hurricane Irma

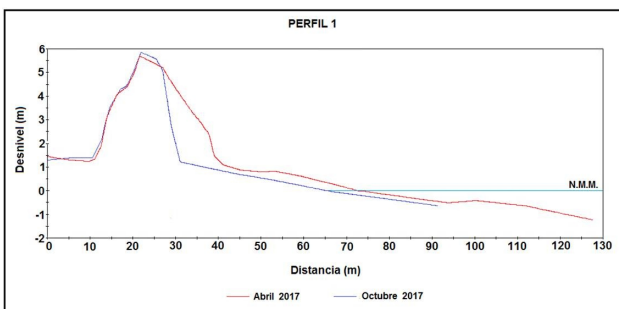


Figura 12. Morfología del perfil 1, antes y después del paso del huracán Irma

Figure 12. Morphology of profile 1, before and after Hurricane Irma

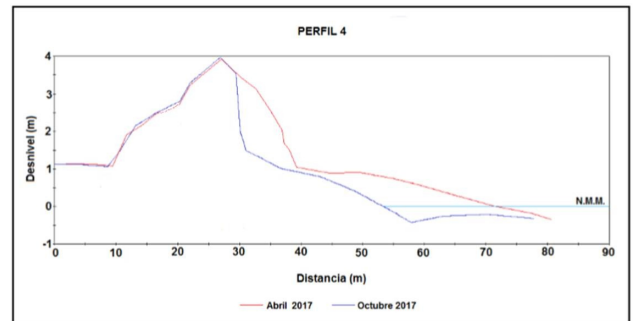


Figura 13. Morfología del perfil 4, antes y después del paso del huracán Irma

Figure 13. Morphology of profile 4, before and after Hurricane Irma

El cálculo de la arena arrasada en las dunas permite comprobar que, aun teniendo en cuenta las diferencias de longitud entre el sector de Boca Ciega de 780 m y de Marazul de 280 m, los mayores volúmenes se reportan en el primero de esos tramos. Para tener una idea más clara de lo antes expuesto se calcula el volumen de arena perdida en la duna por metro lineal de playa, el cual en Marazul es aproximadamente de 1,21 m³/m, mientras que en Boca Ciega alcanza la cifra aproximada de 9 m³/m.

No obstante, lo planteado anteriormente al observar de forma integral los dos sectores estudiados se pudo comprobar que, tras el paso del evento, una gran parte de la arena arrancada de la duna por el oleaje extremo, pasó a formar parte de las barras submarinas, manteniéndose dentro del sistema costero. Con posterioridad, en escenarios de buen tiempo, dicha arena se aproxima a la línea de costa, en forma de barras adosadas contribuyendo a ampliar el área de sol y con posterioridad, mediante el transporte eólico, parte de ese sedimento se traslada nuevamente a la duna, propiciando su recuperación natural.

Pérdida de dunas embrionarias

Otro daño originado por el huracán Irma, durante su paso por las áreas rehabilitadas en las Playas del Este, fue que arrasó con las dunas embrionarias que existían en ambos sectores (Figuras 16 y 17) las cuales constituían evidencia de la ocurrencia de procesos acumulativos en estos frentes costeros.

Variación del ancho de playa emergida

La superposición y análisis de los perfiles, antes y después del paso de dicho evento meteorológico permitió determinar cómo varió el ancho de playa emergida en ambos sectores rehabilitados. Las tablas 1 y 2 muestran el comportamiento de este indicador en los tramos del litoral, objetos de estudio.

Con respecto al ancho del área de playa emergida, se pudo comprobar que en el frente costero del hotel Marazul, con posterioridad al huracán Irma, se produjo una reducción

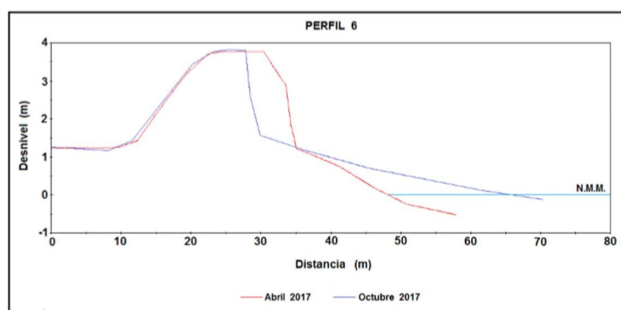


Figura 14. Comportamiento del perfil 6, antes y después del paso del huracán Irma

Figure 14. Behavior of profile 6, before and after Hurricane Irma

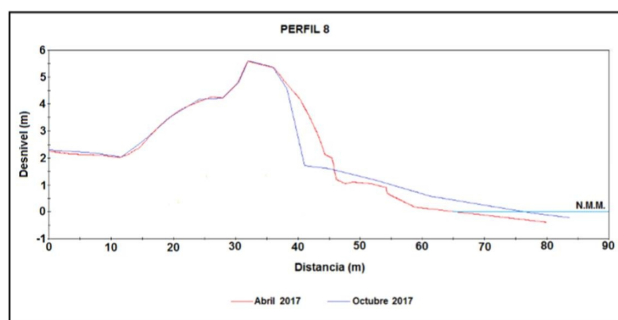


Figura 15. Cambios morfológicos del perfil 8, antes y con posterioridad al huracán Irma

Figure 15. Morphological changes of profile 8, before and after Hurricane Irma



Figuras 16 y 17. Presencia de dunas embrionarias en las áreas rehabilitadas antes del paso del huracán Irma

Figures 16 and 17. Presence of embryonic dunes in the rehabilitated areas before Hurricane Irma

Tabla 1. Ancho de playa emergida (en m) por perfiles en el frente costero del hotel Marazul, antes y después del huracán Irma

Table 1. Width of emerged beach (in m) by profiles on the coastal front of the Marazul hotel, before and after Hurricane Irma

Perfil	Abril/2017	Octubre/2017
1	23,5	34
2	22	26
3	21	25
4	30	24

del mismo, en dirección este - oeste, comportamiento que no es el usual en este tramo del litoral, ya que en monitoreos anteriores (Sosa et al., 2015b, Rivas et al., 2017), se había mantenido un mayor ancho hacia los extremos del sector rehabilitado, siendo un tanto menor su amplitud hacia el centro del mismo.

Al observar la tabla 1 se puede apreciar como con excepción del extremo más occidental del tramo costero de Marazul, donde se ubica el perfil 4, en el resto del mismo existe un aumento del área de sol, al comparar el ancho reportado antes y después del paso de dicho evento.

Resulta de interés el hecho de que sea precisamente hacia el extremo oeste donde se reporte reducción del ancho de playa (-10,5 m), cuando es justamente este el único sitio donde existía una pequeña duna embrionaria, la cual fue arrasada por el oleaje, quedando el lugar que la misma ocupaba como área de sol. La respuesta a este comportamiento debe de estar asociado a una redistribución del sedimento en el sector costero en cuestión y a la posición de la línea de costa en el momento en que se realizaron las mediciones de campo.

El ancho promedio de playa emergida tras el fenómeno meteorológico en este tramo del litoral de las Playas del Este es de 27,25 m, superior en 4,63 m al calculado con anterioridad al huracán.

En el caso del sector rehabilitado de Boca Ciega, se pudo comprobar como de forma general se produjo un incremento del área de playa emergido a lo largo del mismo. Solo hacia su parte central, puntualmente donde se ubica el perfil 4, alcanza un valor negativo, con una reducción de 6 m.

Al apreciar de manera integral este tramo del litoral, se puede comprobar que las mayores amplitudes ocurren hacia los extremos del mismo, coincidiendo, hacia el oeste, con la zona donde se produjo afectaciones por la combinación del oleaje y la crecida del río Itabo y hacia su extremo más oriental, por la desaparición de las dunas embrionarias que allí existían y fueron arrasadas por el oleaje.

El ancho promedio de playa emergida en el sector de Boca Ciega tras el huracán Irma es de 29 m, superior en 8 m al calculado con en el monitoreo anterior a dicho evento.

Tabla 2. Comportamiento de la amplitud del área de sol (en m) por perfiles en el sector rehabilitado en la playa Boca Ciega, antes y después del huracán Irma

Table 2. Behavior of the amplitud of the sun area (in m) by profiles in the rehabilitated sector of Boca Ciega Beach, before and after Hurricane Irma

Perfil	Abril/2017	Octubre/2017
1	23,5	34
2	22	26
3	21	25
4	30	24
5	25	30
6	12,5	35
7	15	25
8	19	33

Es importante aclarar que en gran medida el incremento del área de playa emergida observado en ambos sectores costeros, inmediatamente tras el paso del huracán Irma, puede considerarse como algo aparente, ya que el mismo está asociado en gran medida a la pérdida de área de duna, no al arribo de un nuevo sedimento.

Fue en meses posteriores cuando se observó las barras adosadas a la línea costera y la formación de pequeñas dunas embrionarias en el sector de Boca Ciega, lo que contribuyó a una recuperación más rápida de este sector respecto a lo ocurrido en Marazul.

Afectaciones a los accesos

Durante el paso del citado fenómeno meteorológico, las pasarelas ubicadas en los dos sectores rehabilitados sufrieron daños. En el caso del frente costero del hotel Marazul las principales afectaciones se observan en las rampas de acceso al mar, las cuales quedaron descolgadas (Figura 18), mientras que el resto de las estructuras logró conservarse en buen estado. En el tramo de Boca Ciega las afectaciones a los accesos fueron mucho mayores, destruyéndose una gran parte de los mismos, por lo que quedaron totalmente inutilizados (Figura 19).

Estas afectaciones en las pasarelas resultan de gran preocupación ya que ellas posibilitan el acceso de los bañistas al área de sol. Su mal estado constructivo dificulta su empleo, lo que provoca que los usuarios de la playa busquen otras vías, creándose caminos sobre la duna o hacia los laterales de las estructuras. De esta forma no solo se afecta la vegetación natural que contribuye a fijar el sedimento contenido en dicho elemento del perfil de playa, el cual favorece su estabilidad, sino que además se crean senderos, que con el paso del tiempo se amplían, convirtiéndose en sitios vulnerables, que favorecen la erosión tanto por el oleaje, como por el viento.



Figuras 18 y 19. Estado de las pasarelas con posterioridad al huracán Irma

Figures 18 and 19. State of the walkways after Hurricane Irma

Comparación del comportamiento de las áreas rehabilitadas en las Playas del Este con el de otras playas cubanas ante la ocurrencia del huracán Irma.

Una similitud observada entre los dos sectores estudiados de las Playas del Este y la playa de Varadero fue el desplazamiento mar adentro de grandes volúmenes de arena, los cuales conformaron sólidas barras submarinas. Según [Morales et al \(2017a\)](#) en la playa de Varadero estas se constituyeron como rompeolas naturales disipando la energía del oleaje de dicho evento meteorológico.

Monitoreos posteriores al huracán Irma permitieron verificar que en los meses siguientes al paso del mismo las barras formadas en la pendiente submarina de las playas Boca Ciega y Varadero migraron hacia la costa, permitiendo que gran parte que ese volumen de arena se incorporara a la playa emergida y la zona de baño ([Morales et al. 2017b](#)). Sin embargo, este comportamiento no fue observado en tan breve tiempo en el frente costero del hotel Marazul, donde si bien es cierto que durante el huracán dichas barras se potenciaron, estas se mantuvieron en la pendiente submarina, por lo que no contribuyeron a la ampliación del área de sol.

Por su parte, [Córdova et al. \(2017\)](#) concluye que el huracán Irma impactó fuertemente, pero con magnitudes diferentes, a las playas pertenecientes al Polo Turístico del norte de la provincia de Holguín.

De forma general, entre las principales afectaciones provocadas por dicho evento meteorológico en las playas: Don Lino, Pesquero Nuevo, Yuraguana, Esmeralda y Guardalavaca se pueden citar: afectación a la vegetación, evidenciada por la caída de árboles (uvas caletas y cocoteros) y acumulación de arena sobre la vegetación ([Córdova et al., 2017](#)), acciones que no fueron registradas en ambos sectores costeros de La Habana durante el paso del huracán Irma.

Tanto en las playas holguíneas como en las Playas del Este el impacto directo de las marejadas originaron escarpes

de erosión. El afloramiento de superficies rocosas fue una afectación observada en el sector costero rehabilitado de la playa Boca Ciega y en las playas Don Lino, Pesquero Nuevo y Esmeralda ([Córdova et al., 2017](#)).

Otro comportamiento observado en las playas Don Lino y Guardalavaca del litoral norte de Holguín fue la ocurrencia de inundaciones costeras a más de 200 m de la costa ([Córdova et al., 2018](#)), suceso que no ocurrió ni en el frente costero del hotel Marazul, ni en la playa Boca Ciega, donde el oleaje extremo no sobrepasó las dunas existentes en ambos litorales.

Conclusiones

- Tanto en el sector de Marazul, como de Boca Ciega, a pesar de que las dunas fueron alcanzadas por el oleaje del huracán Irma, estas no fueron sobrepasadas por el mismo, impidiendo que se produjeran inundaciones costeras y permitiendo la protección de las edificaciones ubicadas al sur de las dunas. De esta forma se demuestra la efectividad de las mismas como elemento de protección costera.
- Se evidenció una mayor afectación en el sector de Boca Ciega al compararlo con las transformaciones ocasionadas por el huracán Irma en el frente costero del hotel Marazul respecto a: pérdida de volumen de arena en las dunas, eliminación de las embrionarias y destrucción de las pasarelas. En playa Boca Ciega se observó además el afloramiento de superficies rocosas, estructuras de hormigón y tocones de mangle.
- De forma puntual, en Boca Ciega se observó el traslado de cierto volumen de sedimento hacia tierra, a través de la abertura donde debía haberse construido la sexta pasarela y en el extremo más occidental de este sector costero, suceso que no ocurrió en el tramo costero del hotel Marazul.

- A pesar de lo planteado con anterioridad, Boca Ciega experimenta una mayor y más rápida recuperación en fechas posteriores al paso de dicho evento meteorológico, que el observado en el tramo costero ubicado frente al hotel Marazul.

Bibliografía

- Cangialosi, J.P., Latto, A.S., Berg, R. (2018). Hurricane Irma. Natural Hurricane Center, Tropical Cyclone Report, 111 p., Available: <http://www.nhc.noaa.gov>, [Consulted: May 23, 2021].
- Córdova, E.A., Hernández, I., Hidalgo, A., Felipe, M., Cruz, J. (2017): Monitoreo de las playas Don Lino, Pesquero Nuevo, Yuraguanal, Esmeralda y Guardalavaca. III Informe: Reporte Técnico Parcial. Archivo de la Empresa GAMMA S.A.
- Córdova, E.A., Hidalgo, A., Hernández, I., Felipe, M., Cruz, J. (2018): Monitoreo de las playas Don Lino, Pesquero Nuevo, Yuraguanal, Esmeralda y Guardalavaca. Informe Final del año 2017. Archivo de la Empresa GAMMA S.A.
- González, C.M., González, P., Hernández, J.F. (2017). Evaluación de la afectación del huracán Irma, utilizando la modelación numérica en las provincias de Artemisa y Mayabeque. *Revista Cubana de Meteorología*, 23, 363-377.
- González, C.M. y Ramos, L.A. (2019). Cronología de las tormentas tropicales y huracanes que han afectado a La Habana. *Revista Cubana de Meteorología*, 25, 469-480.
- Morales, P., López, D.J., Martínez, M., Rodríguez, Y., Rojas, L., Brito, A. (2017a). Monitoreo de la evolución morfodinámica de la playa Varadero. (Evaluación del estado de la playa tras el paso del huracán Irma). Nota técnica No.3. Empresa GAMMA S.A.
- Morales, P., Felipe, M., Fernández, Y., Castro, A., Pi, A.L., López, D.J., Martínez, M., Rodríguez, Y., Rojas, L., Brito, A. (2017b). Monitoreo de la evolución morfodinámica de la playa Varadero. (Evolución de la playa tras ser afectada por fuertes marejadas asociadas al huracán Irma). Nota técnica No.5. Empresa GAMMA S.A.
- Rivas, L., Rabeiro, Y.C., Fernández, Y., Salazar, H., Niévares, A. (2017). Informe del monitoreo realizado en el sector costero de Tropicoco, Playas del Este de La Habana, durante los años 2016-2017. Delegación Provincial de la Habana, Cuba.
- Sosa, M., Rivas, L., Guerra, R., Felipe, M., García, R. (2005). Análisis actual de los procesos erosivos en las Playas del Este de Ciudad de La Habana. Informe científico, La Habana, Cuba: Instituto de Ciencias del Mar.
- Sosa, M., Rivas, L., Guerra, R., Felipe, M., Niévares, A., Álvarez de Zayas, A. (2007). Seguimiento de los cambios morfológicos del sistema playa-duna en las Playas del Este. Caracterización de la flora. Resultados 1 y 2., La Habana, Cuba: Instituto de Ciencias del Mar.
- Sosa, M., Rivas, L., Guerra, R., Felipe, M., Niévares, A., Álvarez de Zayas, A. (2008). Seguimiento de los cambios morfológicos del sistema playa-duna en las Playas del Este. Caracterización de la flora. Resultados 3 y 4. Informe científico, La Habana, Cuba: Instituto de Ciencias del Mar.
- Sosa, M., Rivas, L., Guerra, R., Álvarez de Zayas, A., Cuervo, Z., Perdomo, D., Felipe, M. (2011). Rehabilitación funcional de las dunas en un sector de la playa de Santa María del Mar, al Este de La Habana. Informe final de proyecto ejecutivo, La Habana, Cuba. Delegación Provincial del CITMA de La Habana.
- Sosa, M., Perdomo, D., Rivas, L., Salazar, H., Felipe, M. (2015a). Rehabilitación funcional de las dunas en el sector de la playa que se extiende a ambos lados de la desembocadura del río Itabo, al Este de la Habana (Sector II). Informe final de proyecto ejecutivo, La Habana, Cuba. Delegación Provincial del CITMA de La Habana.
- Sosa, M., Perdomo, D., Rivas, L., Salazar, H., Felipe, M. (2015b). Informe del monitoreo al área rehabilitada en Tropicoco en el año 2013. Informe de monitoreo. Delegación Provincial del CITMA de La Habana, Cuba.
- Sosa, M., Perdomo, D., Rivas, L., Salazar, H., Felipe, M. (2016). Rehabilitación funcional de las dunas en el sector de la playa que se extiende a ambos lados de la desembocadura del río Itabo, al este de la Habana (Sector III). Informe final de proyecto ejecutivo, La Habana, Cuba. Delegación Territorial del CITMA de La Habana.